

漳平石笋坑矿区破碎地层护壁堵漏实践

郑锦贤*

(福建省第二地质勘探大队,福建 永安 366000)

摘要:福建省漳平市石笋坑矿区,是我队施工的煤矿地质勘探项目。在钻探施工中,由于地层的复杂、破碎易坍塌,造成钻孔多孔段的泥浆漏失和坍塌,严重影响了施工进度并增加了钻探施工的成本。针对该矿区地层破碎易坍塌的特点,采取不同的堵漏护壁方法实践,较好地解决了钻孔的循环液漏失和坍塌问题,在这个矿区中取得了较好的钻探施工效果。经过这个矿区的堵漏护壁实践总结,为以后同类似地层的固体矿产钻探施工,提供了有效的经验和借鉴,提高钻探效率和经济效益。

关键词:破碎地层;钻孔漏失;堵漏护壁

中图分类号:P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-5716(2024)04-0038-04

1 石笋坑矿区概述

漳平市拱桥中界石笋坑煤矿由原石笋坑煤矿、原后垄煤矿和原际头煤矿资源整合后更名为漳平市拱桥中界石笋坑煤矿,矿区位于漳平市拱桥镇下界村、罗山村两行政村境内,矿区面积3.6009km²。矿区有5km的简易公路与福三线公路相通,距漳平火车站10km,交通方便。该矿区设计钻孔4个,其中ZK01钻孔为1000m,是目前本矿区最深又复杂的钻孔。

地层情况:据地质提供的资料显示,该矿区地层从上到下依次为:泥盆系上统桃子坑组(D_{3tz})、二叠系下统栖霞组(P_{1q})、文笔山组(P_{1w})、童子岩组第二段(P_{1t}²)、童子岩组第一段(P_{1t}¹)、二叠系上统翠屏山组(P_{2cp})、三叠系下统溪口组(T_{1x})、三叠系上统文宾山组(T_{3w})、侏罗系下统下村组(J_{1x})。

2 钻探设备及主要液助剂材料

2.1 钻探设备

考虑到该矿区现有公路不能大型设备和钻孔设计的孔深及煤系地层复杂多变情况等因素,采用主要钻探设备、机具、材料为:钻机(XY-6B型)、钻塔(SGZ-23型)、泥浆泵(BW-250型)、泥浆绞车(2000L),并配绳索取芯绞车、10kW发电机各一台。

管材配备有:∅168mm、∅146mm、∅127mm、∅108mm四级套管。

钻具及钻杆:∅122mm、∅98mm、∅75mm三级绳索取芯钻具及钻杆等。

2.2 液助剂材料

高分子聚丙烯酰胺(分子量1500万)循环冲洗液、堵漏王、随钻堵漏剂(SZ803)、高粘羧甲基纤维素、高效润滑剂、普通硅酸盐水泥(标号42.5R)、疏水缔合液体堵漏剂等护壁堵漏材料。

2.3 钻进方法

矿区钻探主要采用S122、98、75绳索取芯钻进。

3 钻孔漏失的原因

钻孔产生漏失主要有地层因素和钻探工艺两方面原因。

(1)地层原因。即钻孔的地层分布和水文分布等地质方面的客观情况。岩层本身存在的孔隙、裂隙、溶隙和上覆岩层的含水状况等,是钻孔产生漏失的主要原因。

(2)钻探工艺原因。钻孔采取的钻头类型、取芯方法、钻进时的钻速、钻压等工艺参数、现场操作人员的操作技术水平、采用的冲洗方法、冲洗液类型等。属于可调控的、可预防钻孔漏失的人为因素。

4 堵漏方法

钻探施工中治理钻孔漏失的方法按其特点一般可分为:充填堵塞法、注浆固结法、套管隔离法和其它方法。

4.1 增阻法

使用各种添加惰性充填材料的堵漏泥浆将漏失通道的断面减小直至堵塞,这是非固结硬化性的方法。

* 收稿日期:2023-01-31 修回日期:2023-02-01

作者简介:郑锦贤(1981-),男(汉族),福建仙游人,技师,现从事钻探工程生产施工管理工作。

实施堵漏后钻进仍需要使用堵漏前的泥浆作为冲洗液。

4.2 注浆固结法

用泥浆难以堵漏时,可将水泥浆液、化学浆液、沥青乳液等各种类型的堵漏浆液灌注到漏失带,利用水泥(化学浆液、沥青乳液等)的凝结硬化作用,把漏失通道封堵,是固结硬化性的方法。堵漏浆液与漏失岩层凝固成一个整体,停待一定时间后可用不同种类的冲洗液钻进。

4.3 隔离法

出现严重漏失,注浆固结堵漏难以奏效时,可下入大口径的金属或其它材质的套管到孔内漏失孔段进行隔离的方法,套管隔离后可恢复正常钻进。

4.4 其它方法

将液体冲洗钻进改为空气泡沫、气液混合液、无泵钻进等,如果钻遇地层相对完整不坍塌,在供水充足时可采取“顶漏”钻进的方法。

在实际施工中应用最普遍的是前两种方法,即灌注浆液(包括非固结硬化性和固结硬化性两种类型),治理无效时才用套管隔离法。

5 石笋坑矿区钻孔护壁堵漏实践

5.1 ZK01 钻孔施工情况

0~203m孔段施工情况。上部地层为杂土覆盖及碎石,由于地层破碎,土和碎石间的粘合性差,钻孔泥浆损耗很严重,同时伴有掉块,造成卡钻,在地层较为完整后直接下 $\varnothing 168\text{mm}$ 套管,换 $\varnothing 146\text{mm}$ 复合片合金钻头,一直钻进至38.8m时才见基岩。地层接触带中间段全孔漏水,下入 $\varnothing 146\text{mm}$ 套管封堵,改用 $\varnothing 122\text{mm}$ 绳索取芯钻具,钻进至孔深67.2m。该孔段为栖霞组地层,多处漏失,前期采用堵漏王及锯末屑+纤维素堵漏,可维持钻进施工。施工至孔深156.3m处,孔内漏水严重,用堵漏王等堵漏剂进行堵漏未成功,提钻,测得水位在离孔底25m处,经讨论改用水泥浆进行灌注,数次灌注水泥均无效,分析原因应是上部的泥浆太稀造成,决定在水泥浆中加入细砂、锯末屑、稻壳等惰性材料,搅拌后由钻杆中倒入、泵送,边送边提钻,直到钻杆全部提完,灌注成功。等待水泥浆凝固、扫孔后继续施工钻进。施工至195.36m处时,又遇到全孔的泥浆漏失,提钻未测到水位,于是采用顶漏钻进到203.69m时,提钻见较为完整的岩芯2m,考虑底部还有800多米的孔深要施工,上部的孔壁又不稳定,且水泥封的位置随时有

可能还会坍塌漏水。经现场研究决定,将 $\varnothing 127\text{mm}$ 绳索取芯钻杆直接当作套管,放入到该段地层。

203.69~807.11m孔段,换径用 $\varnothing 98\text{mm}$ 绳索取芯钻具施工,钻进至578.89m。此段地层为文笔山地层,该段地层施工中,泥浆漏失的情况较上一段栖霞组的地层,相对要好一些,没有那么严重。但是在236.5~238.2m、269.5~271.2m、295.3~296.2m、354.2~355.9m、389.5~390.2m等多处,还均有较大的漏失情况。但可以通过堵漏王或者聚炳稀+锯末屑进行堵漏,效果虽然不是很好,但均可以勉强进行钻进。施工至566.21m处时,又遇到了全孔漏失不返水的情况。提钻经过测量水位在298m。现场鉴于上部孔段情况,若是要彻底解决孔内漏水问题,可能要浪费很多的时间和材料,经济上也不算,机台现场研究采用顶漏钻进方法进行施工。直到施工至578.35m时,提钻发现地层已相对完整。为了保险起见,机台将钻孔及施工情况汇报给队相关领导和生产技术部门,经同意将孔内施工的 $\varnothing 98\text{mm}$ 绳索取芯钻杆当作套管。换径下入 $\varnothing 75\text{mm}$ 绳索取芯钻具施工,钻进至花岗岩接触带743.67m时,此时孔内又出现漏水情况。机台及时将情况反馈给单位生计科和地质部门,地质人员经过现场岩芯的勘察,已经地层变了,认为该钻孔再打一些,若岩芯没有变化就可以终孔。于是机台决定顶漏钻进,一直打到终孔。顶漏钻进下钻时,当班施工人员将切销膏和润滑油按3:1比例,混在一起煮化后形成的混合物,均匀涂抹在钻杆表面,以此来润滑钻杆。钻进过程中还不时用小水量,不间断地浇注在钻进中钻杆的外壁上,以此来减少钻杆与钻孔的摩擦阻力,以减少钻杆的磨损,提高钻速。直到施工至孔深807.11m时,地质人员宣告终孔。

从整个ZK01钻孔施工情况来看,该钻孔经过近65d的钻探施工,最后以807.11m的孔深终孔。该钻孔上部200m的地层为裂隙发育、破碎易坍塌且泥浆漏失严重的地层,在钻进施工的过程中有近20余处孔段,出现漏水或是严重漏水。施工中我们虽然采用了多种不同的护壁堵漏方法,不断更换泥浆材料以及调整泥浆材料的配合比进行堵漏尝试,并在采用水泥浆灌注不成功的情况下,在水泥浆中加入细砂、锯末屑、稻壳等惰性材料进行堵漏的探索实践。与此同时还使用多口径绳索取芯钻杆作为套管,来进行隔离破碎地层的方法等,最后不得已只能采用顶漏钻进的办法进行施工,但是效果都不是十分明显。

该钻孔总体来说,施工不顺利。其主要原因,一是由于地层的复杂,地层破碎。二是在处理钻孔坍塌漏失的过程中,也存在一些偏颇的问题。因此造成实际钻探生产时间只占了施工总时间的50%左右。

5.2 ZK02号钻孔施工情况

该钻孔的地层与ZK01号孔的差不多,相对来说会好一点。但总结了第一个孔的施工情况后,第二个钻孔施工起来就顺利的多了。

综合考虑设计孔深等情况,采用 $\varnothing 146\text{mm}$ 口径复合片合金钻头开孔,钻进至18.69m。该孔段地层均为碎石层,由于地层过于破碎,孔内泥浆漏失严重并时常伴有掉块,施工到18.69m时见基岩,于是下 $\varnothing 146\text{mm}$ 套管进行隔离。换 $\varnothing 122\text{mm}$ 绳索取芯钻具进行钻进施工,18.9~186.50m该孔段为栖霞组地层,施工中遇见多处漏失情况,但是没有全部漏失,采用堵漏王或是聚炳稀+锯末屑等进行堵漏,还能进行钻进施工。在186.50m时见地层相对完整,因此直接将 $\varnothing 122\text{mm}$ 绳索取芯钻杆作为套管放入到此层位。换径采用 $\varnothing 98\text{mm}$ 绳索取芯钻具,此孔段为文笔山地层,从该段地层施工情况来看,泥浆漏失情况相对于ZK01号孔更为严重。采用多种方法处理效果均不佳,于是多方打听,了解到有一种叫做吸附式微膨凝胶堵漏剂。这种堵漏剂是山东鲁国化工有限公司生产的一种新型的堵漏材料,它是以丙烯腈和长碳疏水单体为原料,加凝胶剂组成的交联体系。吸附微膨凝胶堵漏剂吸水后形成弱凝胶,在高压水泵的作用下,它能进入地层裂隙,形成具有一定强度的网状结构弱凝胶,并能驻留填充不同的缝洞。该吸附式微膨凝胶堵漏剂在地层的裂隙中留得住,且慢慢微膨胀,它能与地层裂隙相匹配,吸水的弱凝胶受挤压变形后,进一步压实充填裂缝空隙,使堵漏的成功率显著提高。

吸附微膨凝胶堵漏剂相对用聚炳稀来说,其成本也相对低一些,且操作起来也十分方便。于是组织人员采购该吸附微膨凝胶堵漏剂,用于ZK02号钻孔的施工堵漏。从该钻孔的265.3~268.5m、332.2~333.1m、389.2~391.4m、451.3~452.1m等孔段,多次出现泥浆漏失及孔内不返水的情况,采用了这种吸附微膨凝胶堵漏剂材料,结果是一堵就返水,堵漏效果十分明显。ZK02号钻孔最终以623.72m的孔深顺利终孔。

5.3 钻孔护壁堵漏现场实践

在对ZK01钻孔的施工进行分析总结经验教训时,

我们一并探讨了其他相似矿区的钻孔施工护壁堵漏方法在本矿区的借鉴作用,充分为下一个钻孔做好钻孔施工前的准备工作。在钻进施工中,时刻注意观察进尺速度、孔内返水等情况变化,采取有效的措施及时处理。并通过采用以下堵漏方法,解决了钻孔漏失问题,顺利完成了ZK02钻孔的钻探施工任务。

(1)在钻遇冲洗液漏失不大、孔内可以测到水位但孔口不返水的裂隙小地层时,采用吸附微膨凝胶堵漏混合剂。其配合比为1:12:3:3:7,即吸附微膨凝胶堵漏剂1kg、成胶树脂12kg、吸水树脂3kg、聚丙烯纤维3kg、成胶剂7kg。

用法:用18L的塑料桶,装水,将成胶树脂、吸水树脂、纤维和锯末屑搅匀,然后再把混合成胶剂慢慢加入到上述搅匀的附微膨凝胶堵漏混合剂液体中,再次搅拌均匀后倒入到钻杆中。下钻用高压泵将混合浆灌注到漏水孔段,停机等待1~2h,采用泥浆进行冲孔后,方可进行钻进施工。

(2)在钻遇冲洗液完全漏失、测不到水位的裂隙较大、不完整地层时,可采用灌注水泥砂浆进行堵漏。如ZK01在孔深157m处漏失不返水且测不到水位,在该孔段进行了多次灌注水泥浆,但每次扫孔后又全部漏失,现场分析后判断漏失主要还是在孔深130m处。经研究,决定采用在水泥浆中加入适量的锯末屑、稻壳及细砂,来提高水泥的密度和增强水泥砂浆与岩石裂缝的粘附作用进行堵漏的方案。经数次试验,确定普通硅酸盐水泥(42.5R):细砂:水的配比为1:0.2:0.5的水泥浆液,添加0.5%三乙纯胺+0.5%食盐,再加入适量的锯末屑或者是稻壳。具体操作方法:将钻杆送至离孔底0.5m位置,将水泥砂浆按比例调制好后,用漏斗从钻杆内灌注到漏失孔段,灌入9m的量后提出9m钻杆,水泥浆液全部到漏失孔段后用不大于3MPa泵压泵送清水10余分钟,使水泥砂浆在泵压的作用下挤压岩石到裂缝中,迅速提钻,把钻杆全部提到地面。停待24h后进行扫孔处理,停待期间要有专人观测水位的变化,如果水位还未回到原来的深度,说明堵漏没成功,若水位有上升,就成功堵漏了。

(3)在上述堵漏措施无效时,如果地层相对稳定,可以考虑采取顶漏钻进,有关润滑、冷却的措施须跟上。

6 钻孔护壁堵漏的经验总结

(1)套管隔离法是解决破碎坍塌、漏水地层最有效的方法。破碎裂隙较为发育的地层,用水泥、堵漏王等

堵漏剂进行堵漏,虽然能暂时解决钻进问题,但时间久了钻孔孔壁还是不能保持稳定,时常还会出现掉块坍塌、泥浆漏失等现象。因此,较深的复杂地层钻孔的施工,要提前准备相应多口径的套管备用。

(2)对于小裂缝漏失地层的施工。可采用聚炳稀+锯末屑(或堵漏王)进行堵漏施工。而较大裂隙、漏失严重地层则可采用水泥浆+锯末屑(或者稻壳)+细砂、或者是使用吸附微膨凝胶堵漏剂等进行堵漏。

注意事项:水泥浆灌注后,需要经过24h的凝固时间后方可施工。在扫水泥时切记,要用稀泥浆进行孔内循环,将灌注水泥上部的淤泥,全部彻底清理干净,待孔内返出浓水泥浆后,方可进行扫水泥施工作业,切不可图快冒然扫水泥施工,防止烧钻等事故的发生。

吸附微膨凝胶堵漏剂堵漏使用。将调配好的浆液经高压水泵注入到裂隙孔段后,需停机等待1~2h的时间,待附微膨凝胶堵漏剂在破碎裂隙地层中,经过充分膨胀充填后,方可继续进行钻进施工。

(3)顶漏钻进。在各种堵漏方法采用均无效果后,才采用的钻进施工方法。需要在下入的钻杆表面均涂抹切销膏,同时配套使用高效润滑剂水溶液,以小流量不间断浇注在钻进中的钻杆外壁上,来提高钻速并减少摩擦阻力和钻杆磨损。在钻杆表面涂抹切销膏后,提、下钻时要缓慢、平稳,夹持牢固,预防跑钻事故。钻进过程中一定要时刻观察孔内变化情况,一旦有异常情况要立即提钻,防止烧钻等事故的发生。

(4)在堵漏成功的情况下,选择使用与矿区地层相适应泥浆循环液,可以保持钻孔孔壁的稳定、确保钻进正常作业。

7 结语

随着我国化学工业的不断发展,作为地质钻探护壁堵漏用的化学浆液,从其类型、品种以及应用上都有

了新的进展。目前就其浆液成分,可分为无机和有机高分子等两种类型。近年来从化学浆液的发展趋势看,无机与有机高分子化合物复合化学浆液品种繁多、应用广泛。用化学浆液配合现有的泥浆使用技术,可保证孔壁的稳定。

因此,在承担矿区勘查钻探任务后,要先做好相应的准备工作,如及时收集相关地质资料、认真分析矿区施工条件与地层特点,配备与地层相适应的钻探机具、配置与地层相匹配的泥浆材料等,还应对钻探施工中可能出现的问题进行分析判断,及时制订、调整相应的施工工艺及解决方案,这对在漏失复杂地层的钻进施工至关重要。有效解决钻孔坍塌、漏失的问题,不但能降低机台作业人员的劳动强度,又能确保钻探的施工进度和质量目标的完成,提高经济效益。

参考文献:

- [1] 索忠伟,王生.钻孔冲洗与护壁堵漏[M].北京:地质出版社,2009.
- [2] 张晓静.水敏/松散地层钻井液的护壁机理分析与应用研究[M].武汉:中国地质大学出版社,2007.
- [3] 魏继军,张洪印,等.低密度高强度水泥浆体系研究与应用[J].钻井液与完井液,2013(4):59-62,96.
- [4] 陈灿,王畅.湖南常宁仙人岩矿区复杂地层钻探护壁堵漏技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(5):37-39.
- [5] 陈磊,赵廷忠,夏荣,尼亮亮.新疆乌苏市巴音沟煤层气勘探井护壁堵漏技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(5):46-49.
- [6] 皮跃进.钻井液助剂、钻井技术参数在破碎、松散易坍塌地层的应用[J].西部探矿工程,2009(9).
- [7] 柯玉军.严重漏失破碎地层钻孔综合施工方法及效果[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(10).
- [8] 陈金照.大河煤田钻孔复杂因素分析及施工技术对策[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(10).